

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

## TI- CUTTING TOOL HAVING ACTIVE VIBRATION ISOLATING FUNCTION AB

- PURPOSE: To prevent production of vibration between a workpiece and a cutting tool and to enable execution of a high speed cutting work, by a method wherein a voltage applied on an actuator is regulated by computing values of signals from a load detector a relative displacement detector between the load detector and a piezo-electric actuator.

- CONSTITUTION: When relative displacement between a workpiece 1 and a cutting tool 3 is fluctuated in a direction A due to vibration produced by a drive system 2, vibration propagated from the outside, or a change in a cutting force, an alternating force is exerted on a tool 3. An alternating force, propagated through a piezo-electric actuator 11, is detected by a load detector 12, simultaneously, relative displacement between a tip part 7 of the tool 3 and a root part 9 is detected by a displacement detector 13, and the alternating force and the relative displacement are inputted as a load signal and a displacement signal, respectively, to a computing device 14. When, by means of a calculated expansion and contraction amount, the actuator 11 is expanded and contracted, the alternating force propagating through the tool 3 is reduced to zero. Thus, vibration is absorbed by the tool 3, an alternating force produced between the tip part 7 and the workpiece 1 produces only the inertia force of the tip part 7 and is reduced to a low value, and a fluctuation in displacement between each of the tip part 7 and a diamond tip 8 and the workpiece 1 is decreased to zero.

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| PN  | - JP63180401 A 19880725         |
| PD  | - 1988-07-25                    |
| ABD | - 19881124                      |
| ABV | - 012448                        |
| AP  | - JP19870008215 19870119        |
| GR  | - M768                          |
| PA  | - MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD |
| IN  | - SUGITA YUJI                   |
| I   | - B23B27/00 ;B23B25/06          |

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-180401

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)7月25日

B 23 B 27/00  
25/06D-7528-3C  
6634-3C

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 アクティブ防振機能を有する切削工具

⑯ 特 願 昭62-8215

⑰ 出 願 昭62(1987)1月19日

⑱ 発 明 者 杉 田 雄 二 岡山県岡山市築港ひかり町9-25

⑲ 出 願 人 三井造船株式会社 東京都中央区築地5丁目6番4号

⑳ 代 理 人 弁理士 小川 信一 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

アクティブ防振機能を有する切削工具

## 2. 特許請求の範囲

切削工具に圧電アクチュエータと荷重検出器を直列に配置して組み込むとともに、直列配置された圧電アクチュエータと荷重検出器の両端の相対変位を検出する変位検出器を設け、前記荷重検出器及び変位検出器からの信号に基づき圧電アクチュエータを駆動することを特徴とするアクティブ防振機能を有する切削工具。

## 3. 発明の詳細な説明

(発明の利用分野)

本発明は、アクティブ防振機能を有する切削工具、より詳しくは、被加工物を作動させる駆動系と切削工具を移動させる案内系を有する工作機械において、精密あるいは超精密加工を行う場合に好適なアクティブ防振機能を有する切削工具に関するものである。

(従来技術)

一般に被加工物を作動させる駆動系と切削工具を移動させる案内系を有する工作機械においては、その切削中振動によって被加工物と工具先端との間に相対変位が生じ、そのために加工精度が損なわれるという問題がある。

そこでこの駆動系および案内系の剛性を向上させることが行なわれているが、この方法によると装置の重量増加や製作費の増大等の問題が発生するとともに、摩擦抵抗が増大し高速化の観点から極めて不利なものとなってくる。このことは、特に高速で、かつ精密、超精密加工を要求される工作機械においては問題となっており、そのため、工作機械における好適な防振方法が求められている。

また、第5図のように圧電アクチュエータと変位検出器を組み込んだ精密加工用の工具台が提案されているが、これらは案内系のローイングあるいは被加工物のたわみによる寸法精度の劣化を補償しようとするもので、第6図に示すように振動による面粗さの悪化および高速加工時

の振動増大を防止することはできない。

なお、第6図において縦軸に振幅、横軸にスライドのヨーイング誤差を示しており、線(a)は第5図の装置における補正前のデータ、線(b)は補正後の誤差をそれぞれ示している。

#### (発明の目的)

本発明は前記したような問題点を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、被加工物を作動させる駆動系と切削工具を移動する案内系を有する工作機械において、駆動系及び案内系の剛性を上げることなく、被加工物と切削工具先端との間の振動を防止し、もって加工精度の向上と高速加工を可能にすることにある。

#### (発明の概要)

本発明は前記した目的を達成するために、切削工具に圧電アクチュエータと荷重検出器を直列配置して組み込むとともに、直列配置された圧電アクチュエータと荷重検出器の両端の相対変位を検出する変位検出器を設け、前記荷重検

ある。

また、荷重検出器は、ひずみゲージ、圧電体による荷重センサあるいは圧電アクチュエータと同じ圧電素子ディスクによって構成されている。

そして変位検出器としては、うず電流、光、電気容量を利用した非接触型変位検出器あるいは圧電アクチュエータに並列に位置する工具1の部分に貼付したひずみゲージによる変位検出等が使用される。

#### (実施例)

以下、第1図ないし第4図に基づき本発明によるアクティブ防振機能を有する切削工具の実施例を説明する。

第1図は本発明によるアクティブ防振機能を有する切削工具を採用した精密旋盤Mの概略側面図であって、被工作物1を作動させる電動機の如き駆動系2と切削工具3を固定した工具台4を移動させる案内系5とにより構成されており、これらは基台6上にセットされている。

出器及び変位検出器からの信号に基づき、また、前記変位検出器の出力信号にローパスフィルタをかけ、防振対象周波数帯域にある成分を取除いて得られる信号と、別の変位検出器により検出される案内系のヨーイング量あるいは被加工物のたわみ量に相当する信号との差から、圧電アクチュエータの準定常伸縮量を演算し、圧電アクチュエータの変動伸縮量に加算する手段を追加することにより、案内系のヨーイングあるいは被加工物のたわみによる寸法精度の悪化も同時に補正することができる。

本発明を構成する圧電アクチュエータとしては、例えば、ジルコンチタン酸鉛の圧電セラミックスによって製作された複数の圧電素子ディスクで形成された積層型圧電アクチュエータが使用される。この圧電アクチュエータは、引張力による破断をさけるために予め圧縮された状態で工具に組込まれており、少なくとも圧電アクチュエータに並列に配置する工具の部分伸び縮みさせる程度の力を発生するものが要で

切削工具(バイト等)3は第2図に示されるように、その先端部7にはダイヤモンドチップ8が固定されるとともに、その根元部9との間の中間部10には圧電アクチュエータ11と、例えばひずみゲージ、圧電体による荷重センサもしくは圧電アクチュエータ11と同じ圧電素子ディスクによって構成された荷重検出器12が直列に組み込まれている。そしてこの切削工具3の中間部10にはひずみゲージによる変位検出器13が設けられている。

14は演算装置であって、荷重検出器12によって検出される交番力および変位検出器13によって検出される相対変位に応じて圧電アクチュエータ11の伸び量を求め、この伸び量を発生するために必要な圧電アクチュエータ11への印加電圧を演算する。

つぎに、上記実施例の動作を説明する。

被加工物1と切削工具3との相対変位が駆動系2による振動、工作機械の外部から伝搬する振動、あるいは切削力の変化によって第2図の

矢印A方向に変動すると、切削工具3には交番力が作用する。

この交番力のうち、圧電アクチュエータ11を伝播する交力は、荷重検出器12によって検出され、荷重信号 $V_r$ として演算装置14に入力される。これと同時に、切削工具3の先端部7と根元部9との間の相対変位は変位検出器13によって検出され、変位信号 $V_u$ として演算装置14に入力される。

一方、切削等に伴う振動による加振力により被工作物1と切削工具3の先端部7と根元部9が独立に振動し、先端部7と根元部9との間に交番力 $L$ が作用している状態を考えると、切削工具3の先端部7と根元部9との相対変位 $x$ の変動成分 $\tilde{x}$ は、

$$\tilde{x} = \tilde{x}_0 + D * \tilde{L} \quad (1)$$

と表わすことができる。

ここで、 $\tilde{x}_0$ は、切削工具3の先端部7と根元部9の間に作用する交番力 $L$ 以外の外部からの加振力によって定まる相対変位の変動成分であ

り、 $D$ は $L$ に対する $(\tilde{x} - \tilde{x}_0)$ のインパルス応答関数で、その求め方は後述する。また、 $*$ 印はコンボリューションを表わす。

この状態で圧電アクチュエータ11を伸縮量 $u$ で伸び縮みさせると、切削工具3の先端部7と根元部9の間に作用する交番力 $L$ は圧電アクチュエータ11を伝播する交番力 $L_1$ と切削工具3の中間部10を伝播する交番力 $L_2$ の和、つまり $L = L_1 + L_2 = k_1(\tilde{x} - \tilde{u}) + k_2\tilde{x}$  (2) であるから、式(1)、(2)より次式を得る。

$$L = \frac{(k_1 + k_2)\tilde{x}_0 - k_1 u}{1 - (k_1 + k_2) D} \quad (3)$$

ここで、 $k_1$ は圧電アクチュエータ11と荷重検出器13のばね定数を合せたものであり、 $k_2$ は切削工具3の中間部10のばね定数である。

式(3)から、交番力 $\tilde{L}$ を0にするためには、

$$\tilde{u} = (1 + k_2/k_1)\tilde{x}_0 \quad (4)$$

となるように、圧電アクチュエータ11を伸び縮みさせればよいことがわかる。

しかるに、式(1)を利用すれば、

$$\tilde{u} = (1 + k_1/k_2)(\tilde{x} - D * L) \quad (5)$$

となり、さらに式(4)を利用すると、

$$\tilde{u} = (1 + k_2/k_1) \{ \tilde{x} - D * (L_1 + k_2 \tilde{x}) \} \quad (6)$$

となる。したがって切削工具3の先端部7と根元部9の間の相対変位 $x$ と圧電アクチュエータ11を伝播する交番力 $\tilde{L}_1$ を変位検出器13と荷重検出器12を用いて計測し、式(6)から計算される伸縮量 $\tilde{u}$ で圧電アクチュエータ11を伸び縮みさせれば、切削工具3を伝播する交番力は0になる。

したがって、切削工具3で振動が吸収されることから工具先端部7と被加工物1との間に生じる交番力は工具先端部7の慣性力だけとなる。しかるに、工具先端部7は軽量であることから、その慣性力は小さく、切削工具3の先端部7およびダイヤモンドチップ8と被加工物1との相対変位の変動は0に近づく。

なお、式(1)の $D$ は、 $\tilde{x}$ が0のとき、つまり、外部振動がない状態で圧電アクチュエータ11だけを駆動して、交番力 $\tilde{L}$ と相対変位 $\tilde{x}$ の周波数

伝達関数を求め、逆フーリエ変換してインパルス応答の形で表わす。そして、 $D * L$ の演算は二つの時系列データ $D$ と $\tilde{L}$ のコンボリューション演算で求める。

以上から、演算装置14では、第3図のようにまず、荷重検出器12の出力 $V_r$ をハイパスフィルタ20を通した後、電圧-荷重換算係数 $K_r$ 倍し、加算器21に入力する。また、変位検出器13の出力 $V_u$ はハイパスフィルタ22を通した後、電圧-変位換算係数 $K_u$ 倍し、更にばね定数 $k_2$ を乗じた後、加算器21に入力する。

加算器21の出力は、A/D変換器23でデジタル化され、コンピュータ24で式(6)の右辺 $\{ \}$ 内第2項のコンボリューションを計算し、その結果をD/A変換器25でアナログ信号に変換する。一方、電圧-変位換算係数 $K_u$ 倍した変位検出器13の出力は前記D/A変換器25の出力とともに減算器26に入力する。この出力電圧は、さらに $(1 + k_2/k_1)$ 倍され、さらに $(1/K_r)$ 倍される。

ここで、 $K$ は圧電アクチュエータ11の電圧-伸縮量変換係数である。そして、その出力電圧に圧電アクチュエータ11が必要とするバイアス電圧を加算器27で加えた電圧が、圧電アクチュエータ11への印加電圧 $V$ となる。

圧電アクチュエータ11に電圧 $V$ が印加されると、例えば、切削工具3の先端部7と根元部9の間の相対変位が大きくなると、それに等しい大きさで圧電アクチュエータ11が伸び、切削工具を伝播する交番力が0となり、ダイヤモンドチップ8への加振力が0に近づくことからダイヤモンドチップ8と被加工物1との相対変位の変動は0に近づく。

第4図は他の実施例を示すための演算装置である。前述した実施例は圧電アクチュエータ11の変動伸縮量だけを利用して振動による面精度の低下を防止したものであるが、さらに、圧電アクチュエータ11の準定常的な伸縮量の大きさを制御することにより、加工寸法を高精度に保持することができる。これを実現するために、

位検出器を設け、この荷重検出器と変位検出器からの信号を演算し、この演算値により圧電アクチュエータへの印加電圧を調整するようにしたため、工作機械の駆動系及び案内系の剛性をそれほど向上させることなく被加工物と切削工具の先端との間の振動を防止することができ、通常では振動が大きくなる高速切削加工が可能になると云う効果がある。

さらに、案内系のヨーイング量あるいは被加工物のたわみ量を計測する変位検出器を付加することにより、高精度な寸法を保持することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図ないし第4図は本発明によるアクティブ防振機能を有する切削工具の実施例を示すものであって、第1図は精密旋盤の概略側面図、第2図は要部拡大図、第3図は演算装置のブロック図、第4図は他の演算装置のブロック図である。

また、第5図は圧電アクチュエータを用いた

第4図の演算装置では、変位検出器13の出力電圧 $V$ を防振対象周波数帯域を除くためのローパスフィルタ28に通した後 $K$ 倍して得られる準定常変位信号 $\alpha$ を、別の変位検出器から得られる基準値信号 $\beta$ とともに減算器29に入力する。

そして、減算器29の出力は加算器26を通して、第3図に示す実施例の演算装置と一体化する。このような回路を追加すると、フィードバック作用により準定常変位信号 $\alpha$ は基準値信号 $\beta$ に等しくなり、基準値信号 $\beta$ に、例えば案内系のヨーイング量あるいは被加工物のたわみ量の計測値を用いることにより被加工物1と切削工具3の基準案内面との相対変位の準定常値も一定に保持することができ、高い寸法精度と表面精度を得ることが可能となる。

(発明の効果)

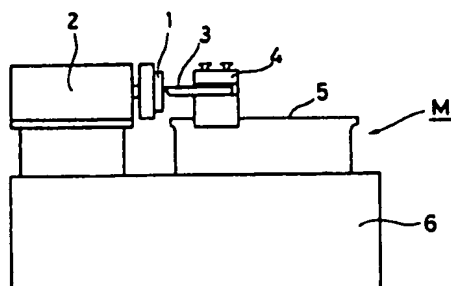
以上の説明から明らかなように本発明によるアクティブ防振機能を有する切削工具によれば、切削工具の先端部と根元部との間に圧電アクチュエータと荷重検出器とを組み込むとともに変

従来の寸法精度補正機構、第6図はその効果を示す図である。

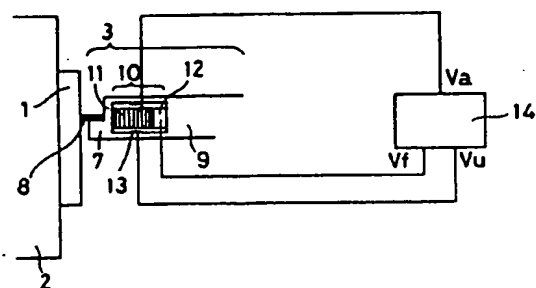
1…被加工物、2…駆動系、3…切削工具、4…工具台、5…案内系、6…基台、7…先端部、8…ダイヤモンドチップ、9…根元部、10…中間部、11…圧電アクチュエータ、12…荷重検出器、13…変位検出器、14…演算装置、20、22…ハイパスフィルタ、23、25… $A/D$ 変換器、24…コンピュータ、26、29…減算器、21、27…加算器、28…ローパスフィルタ。

代理人 弁理士 小 川 信 一  
弁理士 野 口 賢 照  
弁理士 斎 下 和 彦

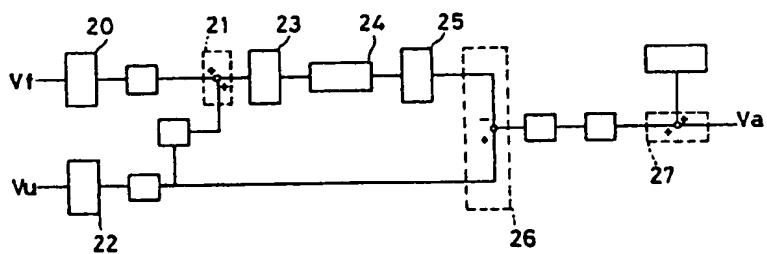
第 1 図



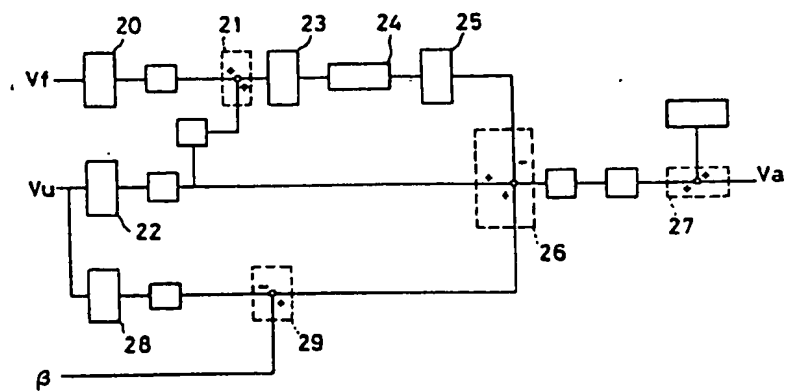
第 2 図



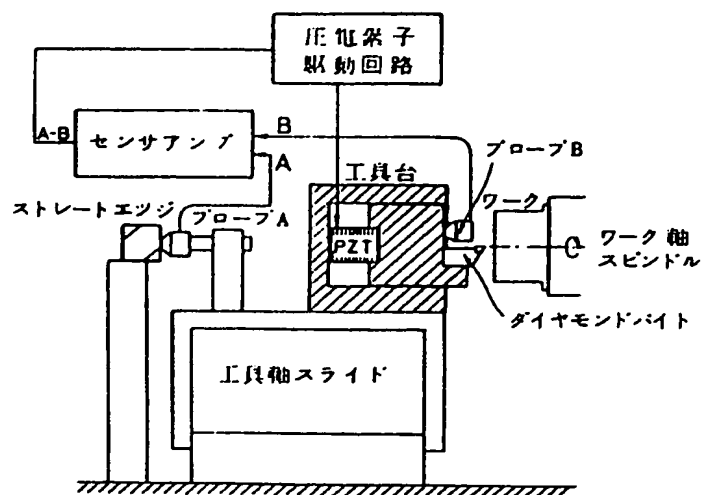
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

